

# El experimento en la escuela, instrumento para la enseñanza<sup>1</sup>

ANA ESPINOZA

Hasta mediados del siglo XX la visión preponderante en la escuela acerca del lugar del trabajo experimental era la “mostración” que el docente realizaba a sus alumnos a modo de confirmación de su palabra o de ilustración de su discurso. Esta modalidad otorgaba autoridad al docente y confería verosimilitud al saber que intentaba transmitir, mientras mantenía al estudiante a una prudente y pasiva distancia. Este lugar conferido al experimento escolar – que por distintas razones todavía tiene cierta vigencia– establecía una suerte de correlato con el otorgado al científico por las corrientes positivistas en las que el valor de verdad de este conocimiento se funda en la objetividad de la metodología instrumentada, de naturaleza experimental. En esta concepción el experimento ocupa un lugar supremo: demuestra, concluye, jerarquiza y distingue la ciencia del conocimiento filosófico, cotidiano, religioso. Superar esta concepción acerca del experimento en la escuela constituyó un debate en el que confluieron diferentes interpretaciones dadas a los procesos de enseñar y aprender, y al valor –epistemológico– del experimento en ciencias.

Hoy coexisten distintas posturas acerca del lugar que el experimento debería jugar en las situaciones de enseñanza. Desde nuestra perspectiva es un artefacto didáctico que no se propone con el fin de motivar, ni remedar o mostrar cómo se produce conocimiento en ciencias sino que, principalmente a cargo del alumno, constituye una estrategia para favorecer el aprendizaje. La propuesta experimental, en el contexto de una secuencia de enseñanza, puede constituir una herramienta para acceder a la distinción entre describir, y explicar y entender las relaciones que se establecen entre experimento y teoría, cuestiones que muchas veces aparecen como aspectos totalmente distanciados y por lo tanto, distorsionados. La imagen que los alumnos alcanzan sobre la naturaleza del conocimiento científico afecta su aprendizaje, interviene en las ideas que llegan a construir y en el vínculo que logran establecer con el mismo. Dado que forma y contenido de enseñanza no pueden concebirse como cuestiones independientes, no alcanza con realizar experimentos: la manera en que se propone, con qué interrogantes, qué discusiones y reflexiones se habilitan, condicionará la posibilidad de que efectivamente constituya herramienta potente para la enseñanza.

La preparación de actividades experimentales es costosa aún en el caso de que la infraestructura necesaria no resulte demasiado exigente. La mayoría de los libros didácticos ofrecen una batería de experiencias posible de ser realizadas con elementos de bajo costo e incluso, dentro del aula. En realidad, lo verdaderamente costoso de un experimento está en las decisiones didácticas que deben ser elaboradas para su realización. Cabe preguntarse entonces qué posibilidades abre el experimento que no son alcanzadas mediante la explicación del docente o la lectura de un texto, y en esta medida reflexionar sobre las condiciones en las que convendría presentarlo. Las respuestas que encontremos a estas preguntas condicionará la manera en que propongamos la realización de experimentos en la escuela.

## 1. EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LAS PRÁCTICAS HABITUALES DE ENSEÑANZA

Mayoritariamente desprestigiada la experiencia como “mostración” del docente, alrededor de los años 70 se desarrolló en distintas partes del mundo occidental una modalidad denominada “redescubrimiento” en la que se proponía a los alumnos la realización de experiencias con la expectativa de que la manipulación de los objetos y la observación de los fenómenos permitiera concebir explicaciones más o menos cercanas al pensamiento científico. A pesar de la ingenuidad o utopía de tal concepción, hoy podemos todavía encontrar variadas expresiones de la misma.

En la actualidad, la “buena” enseñanza de las ciencias naturales conlleva la realización de experiencias en la escuela. Pero esta afirmación, mayoritariamente compartida y aceptada, suele estar sustentada por la idea de que los alumnos se entusiasman ante la propuesta, por la importancia de conocer cómo proceden los científicos<sup>2</sup> o fundamentalmente, por establecer una cierta similitud entre el experimento científico y el escolar. Dedicaremos los próximos apartados a discutir estas alternativas.

### **1.1. LOS EXPERIMENTOS ESPECTACULARES**

Una visión divulgada del valor del experimento en la enseñanza se asienta en la seducción que su observación o realización ejerce en los alumnos. Cuanto más sorprendente sean los resultados, más asegurado es el éxito de la propuesta. Los cambios de colores, la aparición de precipitados, la formación de humos y en general, la observación de un comportamiento insospechado del dispositivo, despierta interés y entusiasmo en los estudiantes. Debemos reconocer que estas situaciones provocan un fuerte impacto. Vale la pena sin embargo preguntarse qué posibilidades ofrecen desde la perspectiva del aprendizaje. Si un experimento conduce a la observación de un fenómeno sorprendente es porque no se está en condiciones de sospechar de esos resultados, son inesperados. La reflexión acerca de lo que acontece pasa entonces a ocupar un segundo plano, cede ante la espectacularidad. La situación se torna mágica y el docente tiene rápidamente que abandonar todo reclamo de reflexión sobre lo acontecido, toda intención de establecer relación con otros conocimientos. Deberá asumir que la explicación del fenómeno sólo podrá quedar a su cargo y como yuxtaposición de un discurso teórico externo que el alumno en todo caso podrá aceptar. ¿Qué imagen podrá construir entonces acerca del valor del experimento? La propuesta refuerza representaciones divulgadas en la sociedad en las que teoría y experimentación están desvinculadas y la ciencia se concibe como un conocimiento distante y difícil de construir por la mayoría de las personas. La espectacularidad de los resultados, la sofisticación de los dispositivos, no generan buenas condiciones para comprometer a los alumnos en una actividad intelectual activa, necesaria para aprender.

### **1.2. RELACIONES ENTRE EL EXPERIMENTO CIENTÍFICO Y EL EXPERIMENTO ESCOLAR**

Sostener la actividad experimental en la escuela estableciendo un paralelismo con la actividad científica supone desconocer que hay diferencias importantes en las condiciones en las que se llevan a cabo las actividades en ambas instituciones y que las mismas nos colocan frente a un problema didáctico que el concepto de transposición didáctica nos ayuda a esclarecer. Para analizar estas diferencias podemos comenzar por preguntarnos en qué contexto se realizan experimentos en la comunidad científica. La respuesta no es inmediata y tampoco única. Es indudable que la misma depende, al menos, de la postura epistemológica y del campo disciplinar que estemos analizando. En este último sentido y aún considerando sólo aquellos que toman como objeto de estudio el mundo natural, debemos distinguir entre la biología, la física o la química, e incluso reconocer que habrá diferencias dentro de ellas debidas a la especificidad de cada contenido.

El experimento interviene pero no “habla” por sí sólo. Habla el investigador que mira y ve de manera coherente o consistente con el conocimiento de una época. La observación no es un procedimiento objetivo sino fuertemente condicionado por lo que ya se sabe y direccionado por las preguntas que él o los investigadores se están formulando. El científico concibe un dispositivo experimental para estudiar una parte del mundo artificialmente recortada –habitualmente simplificada– para ese fin. El marco conceptual autoriza la realización del recorte y la pertinencia de las variables a ser consideradas así como la adecuación del dispositivo diseñado para aportar un nuevo conocimiento, confirmarlo o ponerlo en duda. Entre la experiencia y los modelos o teorías, media una cierta imaginación o creatividad restringida por los “datos” experimentales, por las relaciones establecidas entre ellos, y por el lenguaje específico –concebido como instrumento que interviene en la construcción de ese conocimiento–. Las conclusiones alcanzadas en un trabajo de investigación son luego analizadas por la comunidad científica que –de manera no inmediata sino con marchas y contramarchas– tiene autoridad para conferirle o no la categoría de nuevo conocimiento. En otras palabras las maneras de producir conocimiento en ciencias obliga a abordar no sólo sus condiciones de producción sino de validación.

Ahora, si en la escuela se propone la realización de un experimento con la intención de que el alumno interactúe con el fenómeno en estudio, observe, registre los datos e intente encontrar alguna explicación a lo que acontece, tenemos que recordar que no ve lo mismo el que conoce de antemano la respuesta que el que la desconoce. No puede prestar atención a los mismos aspectos de un objeto o de un fenómeno quien sabe qué se propone y para qué se propone, que quien lo desconoce. En contraposición con el procedimiento científico, debemos reconocer entonces que cualquier experimento escolar que el docente proponga o que incluso pueda ser propuesto por un alumno –situación poco frecuente– él conoce la respuesta y es él quien valida la producción de sus alumnos. Esta última condición favorece una actitud dependiente de los estudiantes que trabajan bajo la “mirada” del docente a quien suelen reclamar con demasiada frecuencia su aprobación sobre la tarea desplegada. Retomamos la mención realizada en párrafos anteriores acerca de que el científico produce conocimiento nuevo para agregar que el alumno, en todo caso, llega a recrear algo ya establecido. También dijimos que el científico dispone de un saber que le permite formular las preguntas que orientan su trabajo, diseñar el dispositivo experimental, suponer las variables que tendría sentido concebir, reconocer qué resultados son consistentes con el conocimiento acumulado...

Cuando en la escuela se trabaja, por ejemplo, con un péndulo, suele indicarse que lo desplacen hacia los costados con distintos ángulos, que midan el tiempo de las oscilaciones, o que modifiquen la longitud del hilo para determinar qué ocurre en cada caso. Todo será solicitado por el docente ya que difícilmente los estudiantes podrían proponer tales procedimientos por sí solos. Habitualmente al inicio de la clase los alumnos se enteran a través de una guía de trabajo, de lo que deben hacer y registrar, de si deben responder preguntas o formular una conclusión o explicación. Cuando se trabaja con resortes, en cambio, la variable que se considera es el valor de las pesas que se colocan. Probablemente la mayoría de los alumnos consiga asumir el comportamiento esperado; pero ¿qué entienden acerca de para qué se les propone el trabajo, por qué en el caso del péndulo se trata de modificar el ángulo con el que se desplaza y con los resortes el valor de la pesa?

El alumno está a “ciegas”: en el mejor de los casos alcanza a acomodarse, leer y escuchar las orientaciones o preguntas del docente; se adapta. La utilización de una guía del trabajo a realizar que tiende a organizar la propuesta y a disminuir la incertidumbre del alumno, al mismo tiempo limita su autonomía porque deja poco margen para concebir otros procedimientos y otras preguntas. La situación podría analizarse desde el funcionamiento de un contrato didáctico<sup>3</sup> que condiciona el sentido atribuido a la propuesta. En otras palabras, con la utilización de una guía se corre el riesgo de que se entienda que lo que se debe hacer ya está escrito en la misma y que esa anticipación acerca de lo que va a acontecer en la clase puede hacerla el docente porque lo que efectivamente ocurra depende exclusivamente de su trabajo sin que en ello intervengan los alumnos. La situación no favorece una actitud intelectualmente activa del alumno porque da margen para que interprete que su responsabilidad pasa por cumplir con esas indicaciones de la manera más ajustada posible. Ahora bien, decir que se corre un riesgo no significa decir que no se debe o no se puede nunca utilizar una guía. Es imposible anticipar en qué casos (por la historia escolar, por la dificultad que presenta la realización de la propuesta,...) la utilización de tal herramienta podría ser conveniente. Sólo intentamos promover una reflexión acerca de los posicionamientos que la misma puede favorecer y en todo caso, concebir formas de salir al cruce de los mismos.

Estas cuestiones, por sí solas, ya distancian claramente el experimento en la institución escuela y en la comunidad científica. ¿Cuál es entonces el lugar de la actividad experimental en la enseñanza? ¿En qué sentido debería conservar una cierta cercanía con el experimento en ciencias y en qué aspectos el distanciamiento es inevitable? ¿Bajo qué condiciones didácticas la actividad experimental se muestra un escenario fértil para el aprendizaje?

## 2. LIMITACIONES Y ALCANCES DE LA PROPUESTA EXPERIMENTAL

Resulta extremadamente difícil para el docente, que ya dispone de una explicación, distanciarse de lo que sabe para acceder a las interpretaciones que podrían realizar quienes no están familiarizados con esas

ideas. Aún en el caso de que él no esté íntimamente relacionado con el conocimiento en juego y de que ese experimento no haya sido por él concebido, el modo en que suele ser presentado en los libros de texto –de donde lo obtiene y donde se encuentra “explicado”– le confiere estatus de evidencia empírica. La naturalización de los datos recolectados en la observación del fenómeno seleccionado y de las relaciones que entre ellos se establecen, constituye uno de los principales problemas para visualizar otras interpretaciones posibles. Entre los méritos atribuidos a la propuesta experimental está, justamente, otorgarle estatus de evidencia. Subyace el supuesto de que todos “vemos” lo mismo, la ilusión de que alcanza con mostrar para ver, creer y aprender.

- La situación planteada genera grandes problemas en la enseñanza. ¿Cómo juega la distancia que inevitablemente existe entre los conocimientos que posee el docente y los del alumno? ¿Qué pasa por alto el docente? ¿Porqué para él la lectura de los datos del experimento resulta obvia? ¿Cómo compromete su aprendizaje quién desconoce el proyecto de enseñanza? En este sentido debemos recordar que un mismo experimento puede ser utilizado para la enseñanza de distintos contenidos. Así, agregamos azúcar al agua y con pequeñas variantes no siempre visibles para el alumno, podemos proponer un estudio sobre la naturaleza discontinua de la materia, la solubilidad o la conductividad eléctrica.
- La relación que docentes y alumnos mantienen con el conocimiento es asimétrica. Pero aunque esta asimetría sea verbalmente aceptada no siempre se tiene en cuenta el impacto que provoca en la posibilidad de aprender.

### 2.1.DEVOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Conseguir que los alumnos puedan reconocer y sentirse convocados por el problema que se propone para iniciar el estudio de un tema requiere un trabajo didáctico importante. En palabras de Johsua y Dupin (2005):

*(...) “A la noche, el cielo es negro para todo el mundo<sup>4</sup>: sólo en una clase de física ese color se transforma en un “problema”. Entonces, ese problema, primero y ante todo, es un problema científico. Pero es también un problema didáctico, porque se instala en la escuela, en clase de física, para aprender física” (...)*

En el análisis de este trabajo didáctico al que nos referimos interviene el concepto de “devolución”. En otras palabras, nos referimos al contrato didáctico que se establece para la enseñanza de unos contenidos y que requiere de una cierta ficción. El término “ficción” está utilizado en un sentido didáctico y remite a la necesidad de generar en clase un escenario en el que temporalmente los alumnos actúen como si no supieran que el docente ya dispone de la respuesta al problema que les plantea. Las condiciones en las que se propone la enseñanza afectan la posibilidad de que se instale este escenario en el que todo funciona como si no ocurriera lo que todos los actores “saben” que, en realidad, ocurre. Si los alumnos no entran en este juego, entonces tienen que buscar respuestas para darle a quien ya las conoce, cuestión que inevitablemente acalla el entusiasmo y condiciona la búsqueda a tan solo el encuentro de la respuesta “correcta”. Es claro que la simulación a la que hacemos referencia no debería ser explicada como tal ya que su exposición rompería las reglas de este juego.

El concepto de devolución es una herramienta para pensar la manera en que se contextualiza el experimento: cómo se propone, qué se le dice al alumno para que entienda el proyecto de enseñanza, cómo se incluye en una secuencia o qué se hace antes y qué se hace después del mismo. Cuando hablamos de “contextualización” no estamos cambiando el nombre a la reconocida y tradicional “motivación” según la cual, con la intención de generar interés, se aproxima una información o se hace mención a alguna situación que el alumno consigue visualizar cercana a su entorno al comienzo de la enseñanza. Así tomada, como motivación, la situación funcionaría como la presentación de un ejemplo o caso vinculado de alguna manera con el tema, que podría resultar atractivo, pero que se abandona en el transcurso de la secuencia sin que constituya un soporte para el desenvolvimiento del conocimiento. Estamos por lo tanto proponiendo una idea de contextualización como situación – entorno en el que se propone

el experimento y que puede ser sostenida, entendida, reformulada o enriquecida con el desarrollo de la propuesta de enseñanza. La contextualización tanto puede provenir del referente social, amplio, del alumno, como de un contexto disciplinar, más restringido.

En el siguiente apartado incluimos reflexiones sobre una propuesta experimental concebida en una secuencia para la enseñanza de algunas ideas de la Teoría cinético molecular, con alumnos de 12-13 años. El tema –cómo está constituida la materia, cómo es ese interior inaccesible a los sentidos– se inscribe claramente dentro del planteo de Joshua y Dupin (...) *ese problema, primero y ante todo, es un problema científico. Pero es también un problema didáctico, porque se instala en la escuela, en clase de física, para aprender física*” ¿Cómo es un sólido en su interior, en qué se diferencia de un líquido? No son preguntas que espontáneamente formule un alumno y requiere de un trabajo didáctico importante para dar lugar al proceso de devolución.

### 3. REFLEXIONES SOBRE UN EXPERIMENTO EN EL CONTEXTO DE UNA SECUENCIA

La secuencia a la que queremos referirnos se propuso para enseñar algunas ideas que sostienen la Teoría cinético molecular acerca de la constitución de la materia<sup>5</sup>. Consideraciones acerca de la edad de los alumnos, su historia escolar y los obstáculos conceptuales que deberían movilizar nos llevaron a reflexionar sobre los contenidos que deberíamos incluir y a precisar las siguientes ideas de la Teoría como objeto de enseñanza:

- La materia está constituida por unidades – partículas– invisibles y en continuo movimiento cualquiera sea su estado de agregación (sólido, líquido o gaseoso)
- Los modelos para los estados sólido, líquido y gaseoso, que se diferencian entre sí por la movilidad del sistema de partículas y por lo tanto, por la interacción entre ellas.
- La potencialidad de estas ideas para interpretar gran parte de los fenómenos naturales: los cambios de estado, la dilatación, la disolución, etc.

Sabíamos que para muchos alumnos –la mayoría– algunos conceptos involucrados en la propuesta resultarían bastante extraños. Una cuestión es hablar de lo que no se ve a simple vista y otra, de lo que ni siquiera se ve con un microscopio, como es el caso de las partículas. Más extraño podría resultar todavía que pudiera hablarse del tamaño y movilidad de esas partículas al mismo tiempo que se sostiene que no se ven. Podríamos agregar que la imagen de un sólido, habitualmente asociada a sus características observables, como una estructura rígida, resistente, entra en tensión con el modelo que propone la ciencia según el cual sus partículas se encuentran en permanente movimiento.

Aclaremos que la existencia del vacío está indisolublemente unida a la idea de discontinuidad. Si la materia está constituida por unidades, entonces entre una y otra, deberán existir espacios sin ella. Decidimos sin embargo no incluir dicho concepto como objeto de enseñanza por varias razones:

- La dificultad para conceptualizar el vacío constituyó un obstáculo –denominado “horror al vacío”– que afectó durante mucho tiempo concepciones acerca de la materia, el universo, el desplazamiento de los fluidos en sentido contrario a la acción gravitatoria... En el siglo IV a. C. Aristóteles sostenía la existencia de un universo sin vacío. Fue mucho tiempo después, en la segunda mitad del siglo XVII que la ciencia moderna aportó conocimientos para aceptar la existencia de vacío.
- Su concepción es marcadamente anti-intuitiva desde el momento que no tenemos tal percepción: podemos ver y tocar materia, pero nunca nos contactamos con el vacío. En nuestra experiencia de trabajo con alumnos de edades cercanas encontramos que cuando les pedíamos realizar una representación modélica del aire contenido dentro de un recipiente cerrado, en la mayoría de los casos utilizaban puntitos bien separados para indicar la existencia de las partículas constitutivas del gas. Pero cuando se les preguntaba qué había entre una partícula y otra, empezaban a rellenar esa distancia con el agregado de más puntitos, cuestión que finalmente llevaría a un continuo de materia.

Aunque entendemos que las razones anteriores no son concluyentes para no incluir el concepto de vacío como objeto de enseñanza, evaluamos que para una primera aproximación debíamos aceptar que ésta –y otras ideas que propone la Teoría– podían suspenderse hasta que el tema volviera a incluirse en años posteriores, entre otras cuestiones porque todo lo que debía comunicarse resultaría de difícil con-

ceptualización. Esta decisión fue resultado de interesantes discusiones, en el grupo que diseñó la secuencia, tendientes a entender el efecto que le atribuíamos a realizar tal recorte del conocimiento.

Además de definir los contenidos de enseñanza, el trabajo didáctico debía resolver las condiciones en que presentaríamos esos contenidos a los alumnos. Otorgamos importancia a proponer situaciones de enseñanza que se enmarquen en la resolución de un problema y, como ya mencionamos, esta interpretación supone que esa contextualización permitirá concebir la funcionalidad del conocimiento y ayudará a encontrarle sentido. Entendemos que una situación puede constituirse en motor del aprendizaje si cumple con la condición de que el estado de conocimiento del alumno le permite interpretarla pero no resolverla de manera inmediata. Para que la situación planteada llegue a constituir un desafío, el alumno debe acceder al problema.

En acuerdo con este planteamiento general, esta secuencia obliga a reflexionar sobre una cuestión central a resolver: cómo presentar a los estudiantes un tema sobre el que probablemente nunca se interrogaron, sobre el que no han pensado y quizás, no les interesa. Dicho de otra manera: cómo conseguir que los alumnos se sientan convocados y puedan entonces hacerse cargo de su aprendizaje, cómo favorecer la devolución del problema.

El trabajo experimental ocupa un lugar importante en la propuesta, que también incluye momentos de lectura y escritura.

### **3.1. EL EXPERIMENTO PARA PENSAR E IMAGINAR**

El trabajo experimental seleccionado consistió en observar y manipular un trozo de parafina (cera de vela), provocar luego cambios por efecto del calor y recolectar información acerca de cómo este material se comporta en esas condiciones. No pretendíamos que a partir de la experimentación los alumnos llegaran a descubrir cómo se supone el interior de la materia, sino generar un clima de debate, de discusión de alternativas, que permitiera comenzar a hacer suposiciones o imaginar cómo serán los materiales en su “intimidad”, cuestión que –reiteramos– se encuentra muy lejos del universo de un alumno en el nivel de la escolaridad seleccionado. El experimento se propuso como estrategia para comenzar a pensar, a poder reflexionar.

Cuando se entrega calor a un sólido y éste funde, se puede esperar una cierta variedad de respuestas de un alumno de 12 o 13 años colocado frente a la demanda de una explicación: el sólido se derrite por efecto del calor, se quema, funde, se transforma en líquido, se desintegra,... Pero si luego se le pregunta qué estará ocurriendo dentro del material durante esa transformación, cómo se imagina el interior del sólido y del líquido, habitualmente el alumno no alcanza a concebir una respuesta. Durante la formulación de la secuencia, anticipamos que la mayoría de los alumnos tendería inicialmente a realizar una “descripción” del experimento, como las que anteriormente mencionamos, porque entenderían que esas expresiones constituyen una explicación del fenómeno. En este caso –como en muchos, en ciencias naturales– el conocimiento a enseñar no es fácilmente comunicable y constituye un ejemplo en el que la dificultad está en acceder a la pregunta. Imaginamos que si el docente formulaba el problema a resolver en términos de cómo serán los materiales en su interior, de qué estarán hechos, cómo será aquello que no llegamos a observar, algunos alumnos no tendrán respuestas y otros podrían utilizar términos tales como: átomos, moléculas, partículas, células,... Es decir, que eventualmente repetirían palabras que han escuchado en la escuela o fuera de ella, aunque otorgándole un significado muy distanciado del que se propone enseñar. Esta caracterización a priori es consistente con el hecho de que la explicación del experimento que estamos buscando constituye el objeto de enseñanza. El alumno no puede acceder a la pregunta, no entiende qué se le está pidiendo, porque esto sólo es posible cuando se concibe la existencia de modelos o teorías explicativas. Es decir, cuando se concibe apelar a construcciones teóricas para interpretar de qué manera ocurre un cierto fenómeno. Para acceder al problema el alumno debe reconocer las diferencias entre describir un fenómeno y explicarlo. Lo observable se corresponde con la descripción que un niño es capaz de realizar en este nivel de la escolaridad. La explicación se corresponde con los modelos y las teorías, que es lo que se quiere enseñar. La secuencia a la que hacemos referencia tiene justamente la intención de que los alumnos accedan a la idea de que la

materia está constituida por unidades discretas, de un tamaño tan pequeño que resultan inobservables, y que además se encuentran permanentemente en movimiento, aún en el estado sólido. Es decir, la secuencia se plantea para enseñar los modelos y la teoría.

Podría pensarse que una alternativa sería iniciar el proyecto de enseñanza con la lectura de un texto expositivo sobre el discurso elaborado por la ciencia acerca de la constitución de la materia. ¿Pero cómo es posible interpretar lo que comunica un modelo teórico, sin que los alumnos dispongan del concepto de modelo, ni entiendan qué es lo que se modeliza e incluso, la necesidad de tal modelización? Desde la enseñanza, la dificultad consiste en generar condiciones que permitan transitar hacia esa comprensión. Proponer entonces un experimento podría pensarse como alternativa interesante porque constituye, en general, un recurso para observar, manipular, pensar, discutir y argumentar. Pero si en este caso se considera que existe una gran distancia entre lo observable y la naturaleza de lo que se dice para explicarlo, ¿qué entenderá un alumno acerca de la relación teoría – experimento?, ¿qué condiciones didácticas podrían colaborar con la construcción de que un modelo no se deduce naturalmente de la observación de los fenómenos cuando la propuesta experimental utiliza de manera muy marcada este procedimiento? ¿Cómo contextualizar el experimento?

Decidimos enlazar fuertemente el experimento a la pregunta acerca de la posibilidad de partir y partir la materia indefinidamente, cuestión que, resolvimos mediante la lectura de un texto breve<sup>6</sup>. En otras palabras: propusimos una contextualización interna. Se podría decir que estamos hablando de ubicar o “contextualizar” de entrada el experimento en la pregunta general a la que se daría respuesta en la medida que se vaya adquiriendo el conocimiento que se quiere enseñar. Desde este punto de vista la situación está revestida de una cierta anormalidad:

- Por un lado, lo que habitualmente denominamos “contextualizar”, refiere a ubicar un conocimiento en un marco singular, mientras que aquí refiere a enmarcar en lo generalizable. Se trataría entonces de contextualizar el experimento en lo que se está proponiendo indagar, aún en el convencimiento de que cualquiera sea la pregunta que se formule, la misma no tendrá cabida fácilmente.
- Por otro lado, la devolución a la clase del problema también adoptaría aquí un sentido particular en tanto debíamos aceptar que no ocurriera de forma inmediata y apostar a que tuviera lugar en el transcurso de la secuencia. El problema a resolver era entonces el de generar un escenario en el que fuera creciendo la devolución del problema. La dificultad estaba ubicada en entender mejor cómo es y cómo se genera ese escenario.

### 3.2. UN EXPERIMENTO REQUIERE UN ESCENARIO

Reconocer la complejidad –inaccesibilidad– de la pregunta inicial de la secuencia llevó a provocar un movimiento durante la realización del experimento que permitiera instalar un escenario donde los alumnos tuvieran realmente posibilidades de intervenir. Si bien el experimento se propondría bajo la consigna general de empezar a pensar, a imaginar, cómo sería la materia en su interior, a poco de iniciar el trabajo se presentarían otras cuestiones, más accesibles, para contribuir a generar ese clima de intercambios y discusiones que estábamos buscando. Se diseñó una actividad sencilla –no ajena al conocimiento cotidiano, sin resultados espectaculares, cuyo procedimiento no requería instrumental sofisticado– tanto para disminuir la seducción por los aspectos mágicos de este tipo de trabajo como los componentes lúdicos de los mismos. La docente presentaría la situación sin distribuir una guía sobre los distintos pasos del trabajo.

Se decidió repartir a los alumnos los trozos de cera de vela (parafina), sin mencionar de qué material se trataba para que ellos mismos pudieran caracterizarlo a través de su manipulación, y registrar sus observaciones. Este paso se propuso para favorecer su posterior reconocimiento, cuando la parafina se enfría y vuelve a solidificar. Se esperaba de esta manera ofrecer elementos para reflexionar ante la idea, frecuente entre los alumnos, de que al calentar y obtener un líquido transparente e incoloro, se está obteniendo agua. Se podría decir que aún más sencillo que utilizar parafina hubiera sido trabajar con hielo. Si bien acordamos con esa idea, la elección obedeció justamente a la necesidad de proponer sendos que ofrecieran distintas interpretaciones con la intención de instalar un conflicto. Recordamos que

en el capítulo I hicimos mención a la dificultad de distinguir cuándo una sustancia cambia o continúa siendo la misma. Para quien dispone de conocimiento del área, sostener que el hielo y el agua líquida son la misma sustancia es casi una obviedad y así se transmite.

El procedimiento continuaba con la pesada de los trozos de cera dentro de un vaso de precipitados y su posterior calentamiento. Luego, cuando empezara a fundir, mientras los alumnos observaban y anotaban, se plantearía: si volvieran a pesar cuando todo el sólido está fundido ¿el valor obtenido sería igual, mayor o menor al inicial? Sabíamos que algunos alumnos pensarían que en el estado líquido el peso es menor que en el sólido, dada la apariencia más “consistente” de este último; que otros concebirían que puede pesar más, dado que el líquido se desplaza hacia la parte inferior del recipiente y a esa ubicación suele colaborar con tal interpretación; así como otros chicos podrían concebir que el peso no cambiaría debido a que no se había quitado ni agregado nada. En realidad este paso del procedimiento no es estrictamente necesario para pensar en la constitución de la materia pero nos interesaba porque entendíamos que contribuiría a ese escenario de debate y de discusión en cuestiones a las que sería posible encontrar experimentalmente una respuesta, ya que la pesada posterior decidiría cuál de todas las anticipaciones era correcta. A la edad de los alumnos con los que estaríamos trabajando, el concepto de conservación de la materia presenta todavía algunas dificultades en transformaciones en las que cambia el volumen, el estado de agregación o las sustancias. La adquisición del modelo de partículas para la constitución de la materia favorece la apropiación de dicho concepto desde una perspectiva teórica, idea sobre la cual deberíamos volver en distintos momentos, más avanzada la secuencia.

La planificación preveía volver a calentar la cera –que estaría en estado sólido– hasta la aparición de vapores. Pensábamos que la niebla –visible– ayudaría a reflexionar sobre el nuevo cambio de estado y a volver a analizar qué pasaría con la pesada en este caso. La mayoría de los alumnos en este nivel de la escolaridad suele interpretar, correctamente, que la disminución de la cantidad de materia observable no se debe a la desaparición del líquido, sino a su conversión en vapor. Esta interpretación está favorecida, en este caso, por la percepción de la niebla<sup>7</sup> y de su olor característico. Sin embargo, la manera en que se proponía la actividad debería dar lugar a que si la idea de desaparición de la materia existía en algún alumno, éste pudiera expresarla libremente para ser sometida a discusión con el resto de sus compañeros. La niebla podría favorecer, más que el estado líquido y el sólido, la interpretación de que la materia está constituida por pequeñas “cositas” (unidades, partículas, etc.). Ésta idea, que se estaba buscando, que se esperaba que los alumnos empezaran a pensar, constituía quizás el único objeto de discusión que no debería cerrarse antes de la lectura del texto que preveíamos realizar más avanzada la propuesta. Estaba claro que el tamaño que podría llegar a atribuirse en ese momento a esas “cositas” sería muy distinto del que la teoría científica le atribuye a las partículas, entre otras cuestiones porque esta última propone que no se ven.

En este caso la propuesta experimental adopta el sentido de problematizar y acercar a una temática lejana para el alumno. La secuencia prevee que finalmente los estudiantes lean un texto para conocer las ideas que la ciencia propone acerca de la constitución de la materia.

### 3.3.LA INTERVENCIÓN DOCENTE Y EL SENTIDO DEL EXPERIMENTO

Generar un escenario en el que sea posible que los alumnos “hablen” de lo no observable a partir de lo observable, que la discusión se encarne en el grupo y surjan distintas alternativas para interpretar las observaciones registradas, requiere que la actitud del docente sea en lo posible la de dar cabida a los recorridos particulares de los alumnos. Se supone que durante el trabajo el docente no debería suscribir ni desestimar ninguna de las interpretaciones de los alumnos pero sí alentar la intervención de todos los alumnos y las discusiones entre ellos. Lejos de lo que podría llegar a pensarse la propuesta demanda una intervención docente importante:

...⇨ Que ayude a los alumnos a observar. A modo de ejemplo: ¿se fijaron en...? estoy viendo unas burbujitas ¿ustedes las registraron? ¿anotaron cómo son, dónde se forman...?, observen el interior del líquido ¿llegan a distinguir un movimiento...?



- ...⇒ Que convoque a repetir partes del experimento. Por ejemplo, esto que anotaron acá ¿estuvieron todos de acuerdo?, en otro grupo no coinciden con estas anotaciones ¿repetimos esta parte del procedimiento?
- ...⇒ Que favorezca ciertas discusiones (especialmente aquellas que denotan estar utilizando las observaciones experimentales realizadas),
- ...⇒ Que proponga al grupo que piensen o diseñen algún procedimiento para poner a prueba lo que se está discutiendo y que desestime o decida dar respuestas puntuales directas o informaciones parciales a aquellas preocupaciones que aparezcan entre los alumnos que puedan desviar el proyecto de enseñanza. ...

Como decíamos en el comienzo, la realización de experimentos en la escuela obliga a realizar un trabajo didáctico intenso. Entendemos que el tiempo empleado en las innumerables reflexiones involucradas ofrece grandes oportunidades de aprendizaje no solo a los alumnos sino también al docente. La propuesta experimental vale lo que cuesta.

1. Texto adaptado del Capítulo III del libro “Las ciencias naturales en el aula: apuntes para la reflexión” de Espinoza, Ana. Editorial Ática, San Pablo, Brasil. En prensa.

2. No incluimos un apartado para discutir esta interpretación porque entendemos que será claro para el lector que desestimamos cualquier propuesta de enseñanza en la que, consciente o inconscientemente, se suponga que alcanza con “mostrar” para que alguien aprenda.

3. Recordamos que el concepto permite tomar como objeto de estudio el comportamiento de los actores de una clase para entender qué conocimientos se favorecen para cada tema, qué interpretan los alumnos acerca de lo que de ellos se espera, qué responsabilidad les cabe, etc...

4. Aunque en la vida cotidiana las personas no se interroguen espontáneamente acerca del fenómeno –está totalmente naturalizado– la oscuridad de la noche fue concebida como un problema a resolver en el campo de la física.

5. Este trabajo fue desarrollado, entre los años 2000 y 2001, en el Colegio Martín Buber y durante el 2002 en la Escuela Albert Schweitzer, ubicadas en la Ciudad de Buenos Aires, y con algunas modificaciones en la Escuela 304 de Carmen de Patagones, durante el 2007. En todos los casos en los que se estudió la secuencia, los alumnos nunca habían recibido educación formal sobre el tema. El estudio forma parte de la investigación “La lectura en sociales y naturales: objeto de enseñanza y herramienta de aprendizaje” dirigida por Beatriz Aisenberg. El equipo que investiga en el área de ciencias naturales y trabajó en la recolección y análisis de los datos que se incluyen está coordinado por Ana Espinoza y contó con la participación de Adriana Casamajor, Egle Pitton, Silvina Muzantti, Ianina Gueler y Teresa Blanck. La investigación continúa con la dirección de Delia Lerner y codirección de Beatriz Aisenberg y se desarrolla en el Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ciencias de la Educación de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Está reconocida por la Comisión de Ciencia y Técnica de la UBA

6. El texto seleccionado es un fragmento del capítulo “Materia” del libro “Átomo. Viaje a través del cosmos subatómico” de Isaac Asimov (1992). Editorial Plaza & Janés. Barcelona. España.

7. Salvo que sea coloreado, el vapor no se ve. Esta cuestión originó varias discusiones durante la planificación del experimento porque cuando aparece la niebla es porque ya la parafina no se encuentra como vapor. Decidimos no favorecer interpretaciones sobre este aspecto en tanto el experimento tenía otro sentido.